

Pemanfaatan Karbon Aktif dari Cangkang Kemiri sebagai Elektroda Superkapasitor

Kezia Kawulur^{1)*}, Heindrich Taunaumang²⁾, Sixtus Iwan Umboh³⁾, Cyrke Adfie Netty Bujung⁴⁾, Kamaruddin⁵⁾

^{1,2,3,5}Program Studi Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa, 95618, Indonesia

⁴Program Studi Geofisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa, 95618, Indonesia

*Corresponding author. E-mail: 20503006@unima.ac.id

Diterima 20 Mei 2025; Disetujui 09 Juli 2025

ABSTRAK

Krisis energi merupakan salah satu tantangan utama yang dihadapi dunia saat ini, dipicu oleh ketergantungan yang berlebihan pada sumber energi fosil, pertumbuhan populasi yang pesat, dan ancaman perubahan iklim. Salah satu teknologi yang menarik perhatian adalah superkapasitor. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh aktivasi karbon menggunakan KOH dengan variasi konsentrasi terhadap konduktivitas listrik sebagai elektroda superkapasitor. Metode yang digunakan adalah metode dehidrasi, karbonisasi pada suhu 500°C. Proses aktivasi kimia yang diberikan perlakuan variasi konsentrasi KOH sebesar 6M, 7M, 8M dengan aktivasi fisik didalam furnace pada suhu 750°C. Hasil pengujian nilai konduktivitas dan densitas menunjukan bahwa adanya perbandingan dengan peningkatan konsentrasi KOH menghasilkan peningkatan konduktivitas sebesar 0,1012 S/m, 0,1694 S/m, dan 0,3282 S/m. Disertai penurunan densitas 9,8810 A/m³, 5,9 A/m³ dan 3,0469 A/m³. Hal ini menunjukan bahwa aktivasi dengan konsentrasi KOH yang lebih tinggi menghasilkan struktur pori yang lebih besar. Dengan demikian karbon aktif dari cangkang kemiri berpotensi sebagai material elektroda superkapasitor yang ramah lingkungan dan efisien secara elektrokimia.

Kata kunci : Superkapasitor, Karbon Aktif, Elektroda, Konsentrasi Larutan KOH, Cangkang Kemiri

ABSTRACT

The energy crisis is one of the major challenges facing the world today, triggered by over-reliance on fossil energy sources, rapid population growth, and the threat of climate change. One technology that attracts attention is supercapacitors. The purpose of this study was to determine the effect of carbon activation using KOH with varying concentrations on electrical conductivity as a supercapacitor electrode. By using dehydration method, carbonization at 500°C. The chemical activation process is treated with variations in KOH concentration of 6M, 7M, 8M with physical activation in a furnace at 750°C. The test results of conductivity and density values show that the comparison with the increase in KOH concentration results in an increase in conductivity of 0.1012 S/m, 0.1694 S/m, and 0.3282 S/m. Accompanied by a decrease in density of 9.8810 A/m³, 5.9 A/m³ and 3.0469 A/m³. This shows that activation with higher KOH concentration produces a larger pore structure. Thus activated carbon from hazelnut shells has the potential as an environmentally friendly and electrochemically efficient supercapacitor electrode material.

Keywords : Supercapacitor, Activated Carbon, Electrode, KOH Solution Concentration, Candlenut Shells

1. PENDAHULUAN

Krisis energi merupakan salah satu tantangan utama yang dihadapi dunia saat ini, dipicu oleh ketergantungan yang berlebihan pada sumber energi fosil, pertumbuhan populasi yang pesat, dan ancaman perubahan iklim (Logayah et al., 2023). Dalam upaya untuk mengatasi krisis energi, teknologi energi baru terbarukan telah menjadi fokus utama. Salah satu teknologi yang menarik perhatian adalah superkapasitor, sebuah inovasi dalam penyimpanan energi yang menjanjikan untuk mengatasi beberapa masalah yang terkait dengan krisis energi.

Superkapasitor merupakan terobosan baru di bidang penyimpanan energi, dimana superkapasitor memiliki power density yang lebih tinggi dibandingkan baterai dan memiliki *energy density* yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kapasitor konvensional. Pada penelitian ini digunakan jenis superkapasitor *Electric Double Layer Capacitor* (EDLC), dimana komponen penyusun superkapasitor yaitu elektroda, separator dan elektrolit (Huda et al., 2022).

Karbon aktif adalah salah satu dari dua jenis karbon yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Dalam analisis ini, kami

memberikan sintesis dan karakteristik karbon dari kulit kemiri untuk mendapatkan karbon berkualitas tinggi dengan mengontrol karbonisasi (Mudaim, 2021). Karbon aktif juga merupakan salah satu fasa karbon yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi. Analisis pengaruh suhu karbonisasi terhadap kualitas karbon dari kulit kemiri menghasilkan karbon tertinggi pada sampel dengan suhu 700 °C, menghasilkan karbon dengan kadar air 5,32%, kadar abu 9,40%, kadar zat terbang 12,76%, dan kadar karbon terikat 72,52% (Mudaim et al., 2021).

Limbah cangkang kemiri merupakan limbah organik yang banyak didapat dari hasil pengolahan biji kemiri di daerah Sulawesi Utara. Limbah yang dihasilkan dari proses pemecahan biji kemiri berupa cangkang kemiri dan selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Berat cangkang kemiri mencapai dua per tiga dari berat biji kemiri utuh dan yang sepertiganya adalah inti dari buah kemiri. Limbah ini tentunya sangat berpotensi bagi masyarakat apabila dimanfaatkan menjadi produk yang mempunyai nilai jual, diantaranya adalah sebagai produk arang aktif (Sartika et al., 2020). Cangkang kemiri sendiri memiliki tekstur keras dan kandungan karbon yang tinggi (Nurhasannah et al., 2024). Sebagian besar cangkang kemiri digunakan sebagai bahan bakar dan hanya sebagian kecil yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon. Cangkang kemiri memiliki sifat fisik dan kimia yang baik sebagai bahan baku karbon (Mudaim et al., 2021).

Pengaruh variasi konsentrasi larutan KOH dalam proses aktivasi karbon dari limbah organik cangkang kemiri ini masih perlu diteliti lebih lanjut baik itu dari karakteristik bahan, sifat fisis bahan dan lain sebagainya. Oleh karena itu, penelitian ini akan peneliti fokuskan pada analisis sifat fisis karbon aktif dari limbah organik cangkang kemiri sebagai bahan elektroda superkapasitor. Analisis sifat fisis yang peneliti maksudkan disini adalah sifat konduktivitas dari karbon aktif berbasis limbah organik cangkang kemiri.

2. KAJIAN LITERATUR

Superkapasitor

Superkapasitor adalah sebuah perangkat elektronik yang dirancang untuk menyimpan dan melepaskan energi secara cepat. Secara prinsip, superkapasitor mirip dengan kapasitor konvensional dalam hal bahwa keduanya

menggunakan dua elektroda untuk menyimpan muatan listrik. Namun, perbedaan utama antara keduanya terletak pada kapasitas dan kemampuan pengisian dan pengosongan energi.

Superkapasitor merupakan salah satu divais penyimpanan energi yang telah menarik perhatian banyak peneliti dewasa ini. Kapasitor elektrokimia lapis ganda (EDLC) merupakan salah satu jenis superkapasitor yang lebih diminati karena bahan utama yang digunakan pada elektroda adalah karbon aktif (Muchammadsam et al., 2015).

Superkapasitor memiliki sifat energi rendah dan kepadatan daya tinggi, pengisian dan pengosongan yang cepat, *Equivalent Series Resistance* (ESR), masa pakai yang lama, dan umur simpan yang panjang adalah karakteristik utama superkapasitor. Superkapasitor unggul dari perangkat penyimpanan konvensional lainnya dalam banyak hal karena keunggulannya (Şahin et al., 2022).

Menurut (Arvani et al., 2020) superkapasitor terdiri dari elektroda, pemisah, elektrolit, pengumpul arus, dan elektroda, yang berfungsi sebagai lapisan elektrokimia ganda pada permukaan elektroda yang sangat berpori.

Karbon Aktif

Karbon aktif adalah karbon yang sudah diaktifkan sehingga pori-porinya terbuka sehingga daya jerapnya lebih besar dari pada arang biasa (Maulana et al., 2017). Karbon aktif mempunyai densitas yang rendah, memiliki pori-pori serta luas permukaan yang besar, disamping itu karbon juga mudah didapatkan (Muchammadsam et al., 2015). Tujuan dari aktivasi KOH adalah untuk memperbesar diameter pori dan meningkatkan luas permukaan. Aktivasi KOH yang digunakan pada konsentrasi 1M, 3M, 5M (Zulkifli et al., 2015).

Menurut (Komala et al., 2021) karbon aktif mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara di dalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi.

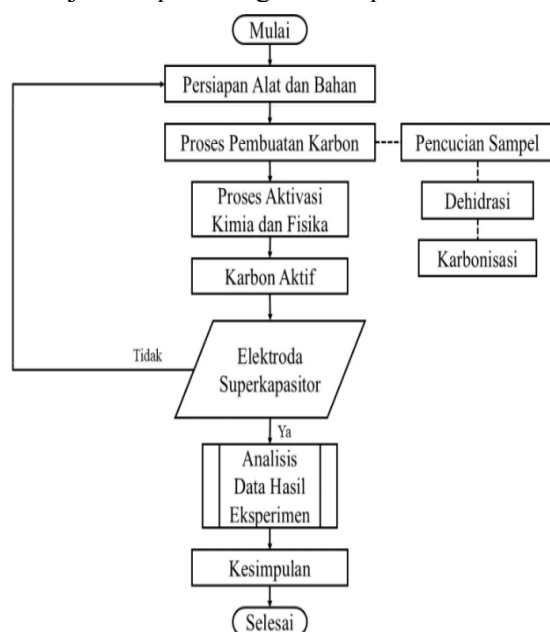
Pembuatan karbon aktif dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap yang pertama adalah pembentukan karbon dan tahap kedua adalah proses pengaktifan untuk menghilangkan

hidrokarbon yang melapisi permukaan karbon supaya porositas karbon meningkat. Aktivasi karbon untuk menghasilkan karbon aktif dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika (Maulana et al., 2017).

Cangkang Kemiri Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Karbon Aktif

Cangkang kemiri adalah lapisan keras yang melindungi biji kemiri di dalamnya. Kemiri adalah tumbuhan yang menghasilkan buah yang berisi biji- biji dengan nilai ekonomis tinggi, terutama dalam industri kosmetik dan kuliner. Cangkang kemiri ini keras dan tebal, biasanya berwarna coklat tua hingga hitam, dan sering kali memiliki tekstur yang kasar. Fungsinya adalah untuk melindungi biji dari kerusakan fisik dan lingkungan eksternal. Selain itu, cangkang kemiri juga dapat memiliki nilai tambah di bidang kerajinan tangan dan industri lainnya seperti pemanfaatan cangkang kemiri untuk dijadikan bahan karbon.

Cangkang kemiri memang merupakan limbah organik yang dapat terurai namun dengan teksturnya yang cukup keras membutuhkan waktu untuk terurai secara alamiah. Dengan memperhatikan faktor tersebut, maka cangkang kemiri dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif (Maulana et al., 2017). Kerangka pemikiran yang digunakan dalam penelitian untuk menganalisis setiap proses seperti ditunjukkan pada diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, dan Kebumihan, Universitas Negeri Manado. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan september sampai desember 2024.

Alat yang digunakan adalah krusibel 50 ml, mortar, spatula, batang pengaduk, ayakan 100 mesh, pipet 5 ml, gelas baker 50-500 ml, labutakar 500 ml, oven pengering, *furnace*, *vortex mixer*, pH meter digital, LCR Meter, timbangan kimia analitik, pompa vakum dan *magnetic stirrer with heater*.

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif adalah cangkang kemiri. Sedangkan bahan yang digunakan untuk proses aktivasi sampai pembuatan elektroda superkapasitor adalah KOH Pro-Analis, bubuk PTFE, aquades, alkohol 70%, larutan elektrolit KOH 6 M, membran PTFE, aluminium foil, plastik *acrylic*.

Prosedur Penelitian

Sampel berupa limbah organik cangkang kemiri. Kemudian, sampel dicuci dengan air bersih dengan pH netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam (Fitriyia, 2021). Sampel yang telah melalui penyaringan kemudian menjalani tahap aktivasi. Prosedur aktivasi terdiri dari dua metode, yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Pada aktivasi kimia, sebanyak 10 gram sampel karbon cangkang kemiri direndam dalam 500 ml larutan KOH dengan variasi konsentrasi 6 M, 7 M, dan 8 M. Selanjutnya, sampel diinkubasi dalam oven pengering pada suhu 60°C selama 4 jam. Setelah periode inkubasi selesai, sampel difiltrasi menggunakan pompa vakum, lalu diproses lebih lanjut dalam *furnace* dengan suhu 750°C selama 2 jam untuk tahap aktivasi fisika. Setelah itu, sampel dibersihkan dan disaring hingga mencapai pH 7 dengan menggunakan aquades (Nasruddin et al., 2017). Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110 derajat Celsius selama 12 jam.

Tahap pembuatan elektroda superkapasitor dimulai dengan menimbang karbon aktif sebanyak 0,7 gram, PTFE 0,2 gram, lem 0,1 gram, dan alkohol 70% sebanyak 50 mL, kemudian semua bahan dicampur dan diaduk menggunakan stirrer selama 1 jam, lalu dipanaskan hingga menjadi pasta homogen.

Selanjutnya, sampel berbentuk pasta dioleskan pada permukaan kolektor arus berupa

aluminium foil berukuran 5 cm × 5 cm. Kemudian, susunan dilengkapi dengan separator dari tissue makan berukuran 5,5 cm × 5,5 cm serta penutup yang terbuat dari kaca akrilik berukuran 5 cm × 5 cm. Sebelum perakitan, masing-masing elektroda ditetesi 3 tetes larutan elektrolit KOH 6M menggunakan pipet tetes, sementara separator diberikan 1 tetes larutan yang sama (Tamara et al., 2024).

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan dengan cara mengambil data-data yang diperoleh dari proses aktivasi yang dilakukan menggunakan aktivator jenis KOH yang terkonsentrasi 6M, 7M dan 8M serta pengujian konduktivitas listrik pada masing-masing sampel.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil penelitian mencakup hasil pengukuran tegangan dan arus listrik pada superkapasitor. Sebelum proses pengukuran dilakukan, superkapasitor terlebih dahulu diisi menggunakan *power supply DC* dengan tegangan 3 V dan arus 0,6 A selama 3 menit.

Tegangan Listrik

Hasil uji tegangan pada superkapasitor yang dihasilkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Tegangan Superkapasitor

No	Variasi Konsentrasi (M)	Tegangan (V)
1	6	0,955
2	7	1,033
3	8	1,234

Grafik nilai tegangan superkapasitor pada variasi konsentrasi koh 6 M, 7 M, dan 8M dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Nilai Tegangan Superkapasitor Pada Variasi Konsentrasi KOH 6 M, 7 M, dan 8 M

Berdasarkan data Tabel 1 dan Gambar 2 diatas menunjukkan bahwa nilai tegangan yang dihasilkan oleh superkapasitor mengalami peningkatan bersamaan dengan bertambahnya perlakuan konsentrasi KOH pada sampel cangkang kemiri. Dari hasil penelitian, konsentrasi KOH yang divariasikan yaitu 6M, 7M dan 8M masing-masing mempunyai nilai tegangan yang bervariasi juga pada superkapasitor yaitu sebesar 0,955 V, 1,003 V, dan 1,234 V.

Tegangan listrik pada superkapasitor meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi KOH sebagai aktivator pada elektroda berbasis karbon aktif (Huda et al., 2022). Ini dikarenakan konsentrasi KOH yang lebih tinggi dapat meningkatkan luas permukaan pori dan struktur mikropori, yang berkontribusi pada peningkatan kapasitansi superkapasitor. Kapasitansi yang lebih tinggi biasanya berhubungan dengan kemampuan menyimpan muatan lebih besar, sehingga dapat meningkatkan tegangan kerja superkapasitor. KOH sebagai aktivator juga dapat membantu pembentukan gugus fungsi oksigen pada permukaan elektroda karbon aktif, yang dapat meningkatkan interaksi antara elektroda dan ion elektrolit. Peningkatan interaksi ini mempercepat transfer muatan yang berkontribusi pada peningkatan tegangan listrik yang tersimpan dalam superkapasitor (Wahyuni et al., 2020).

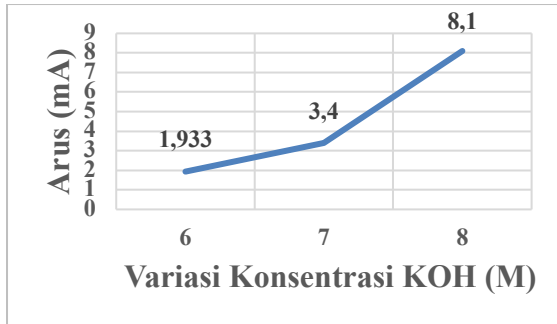
Arus Listrik

Hasil uji arus pada superkapasitor yang dihasilkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Arus Pada Superkapasitor

No	Variasi Konsentrasi (M)	Arus (A/m)
1	6	1,933
2	7	3,4
3	8	8,1

Tabel 2 diatas menunjukkan hasil pengukuran Arus Listrik menggunakan alat Multimeter Digital dengan nilai satuan yang didapat adalah miliampere (mA). Grafik nilai arus superkapasitor pada variasi konsentrasi KOH 6 M, 7 M, dan 8 M dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Nilai Arus Superkapasitor pada variasi konsentrasi KOH 6M, 7M dan 8M

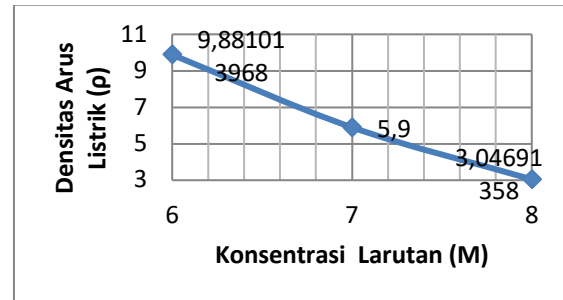
Berdasarkan data Tabel 2 dan Gambar 3 diatas menunjukkan bahwa nilai arus yang dihasilkan oleh superkapasitor mengalami peningkatan secara signifikan bersamaan dengan bertambahnya perlakuan konsentrasi KOH pada sampel cangkang kemiri. Dari hasil penelitian, konsentrasi KOH yang divariasikan yaitu 6M, 7M dan 8M masing-masing mempunyai nilai arus yang bervariasi juga pada superkapasitor yaitu sebesar 1,933 mA, 3,4 mA dan 8,1 mA. Dengan bertambahnya tegangan pada superkapasitor mempengaruhi adanya peningkatan arus pada superkapasitor.

Konsentrasi aktivator KOH memiliki pengaruh yang signifikan terhadap arus listrik pada superkapasitor, terutama dalam hal peningkatan kapasitansi, konduktivitas listrik elektroda, dan penurunan resistansi internal. Aktivasi dengan KOH membantu membentuk struktur pori yang lebih optimal dalam elektroda berbasis karbon, seperti karbon aktif (Kimbali et al., 2025).

Dengan luas permukaan elektroda yang lebih besar akan lebih banyak ion dari elektrolit yang dapat berinteraksi dengan elektroda, meningkatkan kapasitansi dan memungkinkan superkapasitor menyimpan serta melepaskan muatan dalam jumlah yang lebih besar, sehingga menghasilkan arus listrik yang lebih tinggi. Selain itu, aktivasi dengan KOH yang lebih tinggi juga dapat menghilangkan zat non-karbon dan meningkatkan jumlah ikatan karbon konduktif. Konduktivitas yang lebih tinggi dapat mengurangi hambatan listrik (resistansi internal), sehingga memungkinkan arus listrik yang lebih besar mengalir melalui superkapasitor dengan lebih efisien (Budianti, 2020).

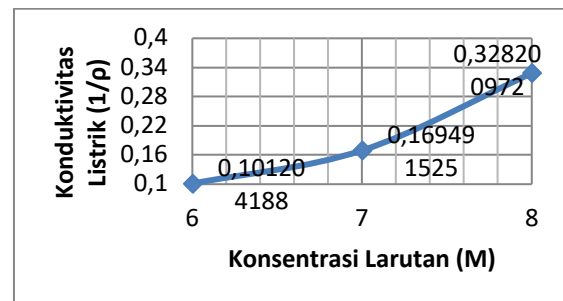
Perbandingan Densitas dan Konduktivitas

Grafik nilai densitas superkapasitor pada variasi konsentrasi KOH 6 M, 7 M, dan 8 M dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Nilai Densitas Superkapasitor pada variasi konsentrasi KOH 6M, 7M dan 8M

Grafik nilai konduktivitas superkapasitor pada variasi konsentrasi KOH 6 M, 7 M, dan 8 M dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Nilai Konduktivitas Superkapasitor pada variasi konsentrasi KOH 6M, 7M dan 8M

Berdasarkan data Gambar 4 dan Gambar 5 diatas menunjukkan bahwa nilai densitas dan konduktivitas yang dihasilkan oleh superkapasitor mengalami perbandingan dengan perlakuan konsentrasi KOH pada sampel cangkang kemiri.

Pada kedua grafik di atas menunjukan eksperimen pengukuran sifat listrik larutan KOH dengan konsentrasi yang bervariasi, di mana konduktivitas larutan bertambah seiring dengan peningkatan konsentrasi KOH. Sementara itu, densitas arus mengalami penurunan saat konsentrasi meningkat, yang mungkin disebabkan oleh perubahan hambatan atau faktor lain dalam sistem. Densitas menurun sejalan dengan peningkatan konduktivitas listrik pada cangkang kemiri, menunjukkan bahwa meskipun kemampuan penghantaran listrik meningkat, aliran arus

yang melalui area tertentu justru berkurang karena perubahan sifat material.

Konduktivitas dan densitas energi merupakan dua parameter penting pada superkapasitor yang saling berhubungan tetapi memiliki fungsi yang berbeda. Konduktivitas mempengaruhi kecepatan dan efisiensi transfer muatan, sementara densitas energi menunjukkan besarnya energi yang bisa disimpan. Penurunan densitas energi terjadi karena berkurangnya area permukaan yang efektif dari elektroda dalam menjangkau ion. Struktur pori yang tidak ideal mengakibatkan penurunan kapasitansi penyimpanan.

Konduktivitas yang meningkat pada superkapasitor berarti bahwa material dalam superkapasitor tersebut memiliki kemampuan yang lebih baik untuk menghantarkan arus listrik. Kenaikan konduktivitas ini sangat krusial karena langsung berpengaruh pada kinerja superkapasitor, termasuk dalam aspek kapasitas penyimpanan energi, kecepatan dalam mengisi atau mengosongkan, serta efisiensi daya (Avni et al., 2022). Dengan meningkatnya konduktivitas pada material elektroda superkapasitor, transfer elektron dan ion dapat berjalan lebih cepat, yang mengurangi resistansi internal dan meningkatkan efisiensi serta performa perangkat dalam menyimpan dan melepaskan energi. Untuk meningkatkan kapasitansi kapasitor diperlukan suatu material yang memiliki konduktivitas elektrik tinggi dan dapat diaplikasikan pada elektroda superkapasitor (Wulandari et al., 2017)

5. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mendapatkan karbon aktif dari cangkang kemiri menjadi material elektroda superkapasitor. Proses aktivasi kimia yang diberikan perlakuan variasi konsentrasi KOH sebesar 6M, 7M, 8M dengan aktivasi fisik didalam furnace pada suhu 750°C menghasilkan tegangan masing-masing sebesar 0,955 V, 1,003, 1,234 V dan arus 1,933 mA, 3,4 mA, 8,1 mA, yang menunjukkan bahwa adanya perubahan nilai arus dan tegangan pada superkapasitor. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa variasi konsentrasi KOH memiliki pengaruh terhadap karakteristik arus dan tegangan pada superkapasitor serta Hasil pengujian nilai konduktivitas dan densitas menunjukkan bahwa adanya perbandingan bahwa peningkatan konsentrasi KOH menghasilkan peningkatan konduktivitas sebesar 0,1012 S/m , 0,1694 S/m dan 0,3282

S/m. Disertai penurunan densitas 9,8810 A/m^3 , 5,9 A/m^3 dan 3,0469 A/m^3 . Hal ini menunjukkan bahwa aktivasi dengan konsentrasi KOH yang lebih tinggi menghasilkan struktur pori yang lebih besar, sehingga terbuka dan luas permukaan yang lebih besar sehingga meningkatkan performa konduktif karbon aktif. Dengan demikian karbon aktif dari cangkang kemiri berpotensi sebagai material elektroda superkapasitor yang ramah lingkungan dan efisien secara elektrokimia.

6. REFERENSI

- Arvani, M. ... Tuukkanen, S. (2020). Additive manufacturing of monolithic supercapacitors with biopolymer separator. *Journal of Applied Electrochemistry*, 50(6), 689–697. <https://doi.org/10.1007/s10800-020-01423-2>
- Avni, Y., Adar, R. M., Andelman, D., & Orland, H. (2022). Conductivity of Concentrated Electrolytes. *Physical Review Letters*, 128(9). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.128.098002>
- Budianti, A. N. S. (2020). Pengaruh Elektrolit Li_2SO_4 , Na_2SO_4 dan K_2SO_4 Terhadap Nilai Kapasitansi Spesifik Karbon Tempurung Kemiri (*Alleurites mollucana*) Teraktivasi KOH Sebagai Penyimpanan Energi Superkapasitor (Issue February).
- Fitrilya. (2021). Pengaruh Suhu Terhadap Kualitas Karbon Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*) Teraktivasi KOH sebagai Bahan Elektroda Superkapasitor= Effect Of Temperature On The Quality Of Candlenut Shell Carbon (*Aleurites Moluccana*) Activated KOH As A Supercapacitor El.
- Huda, A. N., Lestari, I., & Hidayat, S. (2022). Pemanfaatan Karbon Aktif dari Sekam Padi Sebagai Elektroda Superkapasitor. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 6(2), 102–113. <https://doi.org/10.24198/jiif.v6i2.39639>
- Kimbal, A. J. ... Pawarangan, I. (2025). KELAPA DENGAN VARIASI KONSENTRASI KOH SEBAGAI MATERIAL ELEKTRODA SUPERKAPASITOR CHARACTERISTICS OF ACTIVATED CARBON BASED ON COCONUT FROND WASTE WITH VARIATIONS OF

- KOH CONCENTRATION AS SUPERCAPACITOR ELECTRODE MATERIAL*. 8(1), 4–10.
- Komala, R., Dewi, D. S., & Pandiyah, N. (2021). *PROSES ADSORPSI KARBON AKTIF KULIT KACANG TANAH TERHADAP PENURUNAN KADAR COD DAN BOD LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU*. 6(51), 139–148.
- Logayah, D. S., Mustikasari, B. R., Hindami, D. Z., & Rahmawati, R. P. (2023). *Krisis Energi Uni Eropa: Tantangan dan Peluang dalam Menghadapi Pasokan Energi yang Terbatas*. 3(2).
- Maulana, G. G. R., Agustina, L., & Susi. (2017). *Proses Aktivasi Arang Aktif Dari Cangkang Kemiri (Aleurites Moluccana) Dengan Variasi Jenis Dan Konsentrasi Aktivator Kimia*. 42, 247–256.
- Muchammadsam, I. D., Taer, E., & Farma, R. (2015). Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Monolit Dari Kayu Karet Dengan Variasi Konsentrasi KOH Untuk Aplikasi Superkapasitor. *JOM FMIPA*, 2(1), 8–13.
- Mudaim, S., & Hidayat, S. (2021). Analisis Proksimat Karbon Kulit Kemiri (Aleurites Moluccana) Dengan Variasi Suhu Karbonisasi. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 05(02), 157–163.
- Nasruddin, M., & Farid Mulana, D. (2017). Adsorpsi Ion Logam Cr (VI) Dengan Menggunakan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri (Aleurites moluccana). *Pascasarjana Universitas Syiah Kuala*, 9(4), 117–125.
- Nurhasannah, S., Rosdiana, R., & Wibowo, D. (2024). *Pemanfaatan Adsorben Karbon Cangkang Kemiri untuk Pemisah Lemak dan Minyak pada Air Limbah Rumah Makan*. 1, 31–35.
- Şahin, M. E., Blaabjerg, F., & Sangwongwanich, A. (2022). A Comprehensive Review on Supercapacitor Applications and Developments. *Energies*, 15(3), 1–26. <https://doi.org/10.3390/en15030674>
- Sartika, Z., & Hasmita, I. (2020). *Proses Pirolisis Pengolahan Limbah Tempurung Kemiri menjadi Arang Aktif sebagai Media Penjernihan Air Pyrolysis of Candlenut Shell Waste Management becomes Active Charcoal as Water Purification Media*. 1(1), 26–37.
- Tamara, G. J. ... Mongan, S. W. (2024). *KARBON AKTIF KULIT KACANG BATIK KAWANGKOAN I-V CHARACTERISTICS OF SUPERCAPACITOR ELECTRODES BASED ON BATIK KAWANGKOAN PEANUT SHELL ACTIVATED CARBON*. 7(2).
- Wahyuni, K., Anas, M., & M, H. (2020). Analisis Variasi Temperatur Aktivasi dengan Agen Potassium Silicate (K_2SiO_3) terhadap Sifat Listrik Arang Aktif Tandan Aren (Arenga Pinnata Mrr.). *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 5(4), 306–312.
- Wulandari, R., Zakir, M., & Karim, A. (2017). Penentuan kapasitansi spesifik karbon aktif tempurung kemiri (Aleurites Moluccana) Hasil Modifikasi Dengan HNO_3 , H_2SO_4 Dan H_2O_2 Menggunakan Metode Cyclic Voltammetry. *CORE*, 1–10.
- Zulkifli, Taer, E., & Sugianto. (2015). Pembuatan Karbon Aktif Monolit Dari Kayu Karet Menggunakan Aktivator KOH Dan HNO_3 Untuk Aplikasi Superkapasitor. *JOM FMIPA*, 2(1), 1–7.